

Е. С. Алиева

Екатеринбургский филиал ОАО «Российский научно-исследовательский институт трубной промышленности», г. Екатеринбург

SharahaES@sinara-group.com

Научный руководитель – канд. техн. наук *С. М. Битюков*

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ НАСОСНО-КОМПРЕССОРНЫХ ТРУБ ИЗ СТАЛИ С ФЕРРИТО-ПЕРЛИТНОЙ СТРУКТУРОЙ

Проведены исследования механических свойств и стойкости к углекислотной коррозии образцов насосно-компрессорных труб из стали 35ХГФ с феррито-перлитной структурой. Определены границы применения стали с феррито-перлитной структурой в зависимости от агрессивности среды.

Ключевые слова: диоксид углерода, закалка, коррозионные испытания, механические свойства, микроструктура, насосно-компрессорные трубы, нормализация, отпуск, сероводород, скорость коррозии, термическая обработка, стойкость к углекислотной коррозии.

Е. S. Alieva

INVESTIGATION OF MECHANICAL PROPERTIES AND CORROSION RESISTANCE OF TUBING WITH FERRITO-PERLITE STRUCTURE

The carried out researches of mechanical properties and resistance to carbon dioxide corrosion of samples of tubing from steel with ferrite-pearlitic mine. The boundaries of the use of steel with a ferrite-pearlite operation are determined depending on the aggressiveness of the medium.

Keywords: carbon dioxide, quenching, corrosion tests, mechanical properties, microstructure, tubing, normalization, tempering, hydrogen sulphide, corrosion rate, heat treatment, resistance to carbon dioxide corrosion.

Коррозия является одним из основных факторов, ограничивающих срок эксплуатации труб, предназначенных для нефтяной и газовой промышленности. Для повышения коррозионной стойкости в средах, содержащих диоксид углерода (CO₂), сталь легируют 13 % хрома, который позволяет получить плотную поверхностную пленку окислов, защищающую металл от дальнейшего химического взаимодействия с агрессивной средой. Однако имеется целый ряд месторождений с

ограниченным содержанием диоксида углерода, где применение сталей типа 13Cr экономически невыгодно.

Известна [1] положительная практика применения зарубежных насосно-компрессорных труб (далее НКТ) из стали с феррито-перлитной структурой для месторождений, осложнённых углекислотной коррозией, с ограниченным содержанием диоксида углерода (парциальное давление P_{CO_2} не более 0,01 МПа). Согласно [2], устойчивость стали с феррито-перлитной структурой к углекислотной коррозии, может быть связана с присутствием пластинчатого цементита в микроструктуре. Между пластинами цементита возникает локальная концентрации ионов Fe^{2+} , которая приводит к образованию пленки карбоната железа $FeCO_3$. При этом пластинчатый цементит, в силу своей морфологии, помогает этой защитной пленке закрепиться на поверхности. В сталях со структурой сорбита отпуска продукты коррозии частично отслаиваются, так как не имеют «поверхностей закрепления», как у стали с феррито-перлитной структурой.

Цель данного исследования – проведение испытаний образцов НКТ из сталей с феррито-перлитной структурой на стойкость к углекислотной коррозии и изучение механических свойств, исследуемых марок стали.

Материалом для исследования были образцы НКТ размером $73,02 \times 5,51$ мм и муфтовых заготовок размером $88,9 \times 13,0$ мм стали марки 35ХГФ.

Трубы из стали с феррито-перлитной структурой получают способом простой термической обработки – нормализация, в том числе с прокатного нагрева, что делает их экономически привлекательными, по сравнению с НКТ мартенситного класса типа 13Cr.

Механические свойства НКТ и муфтовых заготовок марки 35ХГФ после различных режимов термической обработки приведены на рис. 1.

За счет термической обработки, необходимой для получения феррито-перлитной структуры (горячекатаное состояние или нормализация с отдельного нагрева в термопечах), обеспечивает получение прочностных свойств, соответствующих группе прочности N80 тип 1 по ГОСТ Р 53366 [3], которая является в настоящее время наиболее востребованной у потребителей НКТ.

Испытания на ударный изгиб, которые проводили на образцах с V-образным надрезом при температурах 0 и минус 20 °С, показали, что вязкопластические свойства данной стали в горячекатаном состоянии (режимы 1 и 4) весьма низкие. Значения работы удара (рис. 2, г) значительно увеличиваются, по сравнению с горячекатаным и высокоотпущенным (режимы 2) состояниями, после термической обработки по режиму нормализация + отпуск (режимы 3 и 5).

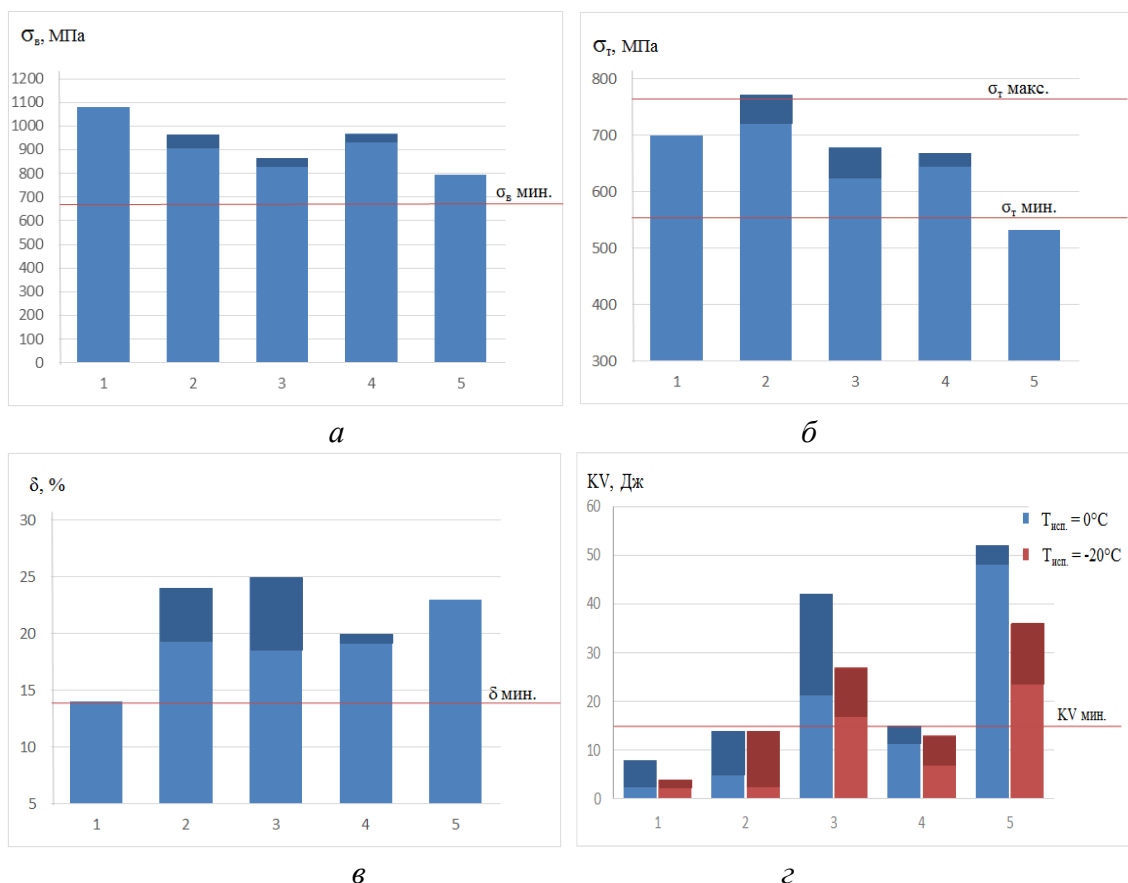


Рис. 1. Механические свойства НКТ размером $73,02 \times 5,51$ мм (режимы 1–3) и муфтовой заготовки размером $88,9 \times 13,0$ мм (режимы 4–5) после обработки на группу прочности N80 тип 1: 1, 4 – горячекатаное состояние; 2 – отпуск $700^\circ C$; 3 – нормализация $910^\circ C$ + отпуск $700^\circ C$; 5 – нормализация $910^\circ C$ + отпуск $720^\circ C$.
а – предел прочности; *б* – предел текучести; *в* – относительное удлинение;
г – ударная вязкость KV

Автоклавные испытания на стойкость к углекислотной коррозии проводили по ГОСТ Р 9.905 [4] при следующих условиях:

- минерализация NaCl 50 г/л;
- скорость потока 1 м/с;
- pH = 4,0–5,5;
- парциальное давление $P_{CO_2} = 0,005$ и 0,01 МПа;
- общее давление $P_{общ.} = 3$ и 9 МПа;
- температура $90^\circ C$;
- длительность 120 ч.

Требования стойкости к углекислотной коррозии регламентируются ТУ 14–161–173 [5], согласно которым максимально допустимая скорость коррозии должна быть не более 0,5 мм/год. Полученные результаты приведены на рис. 2.

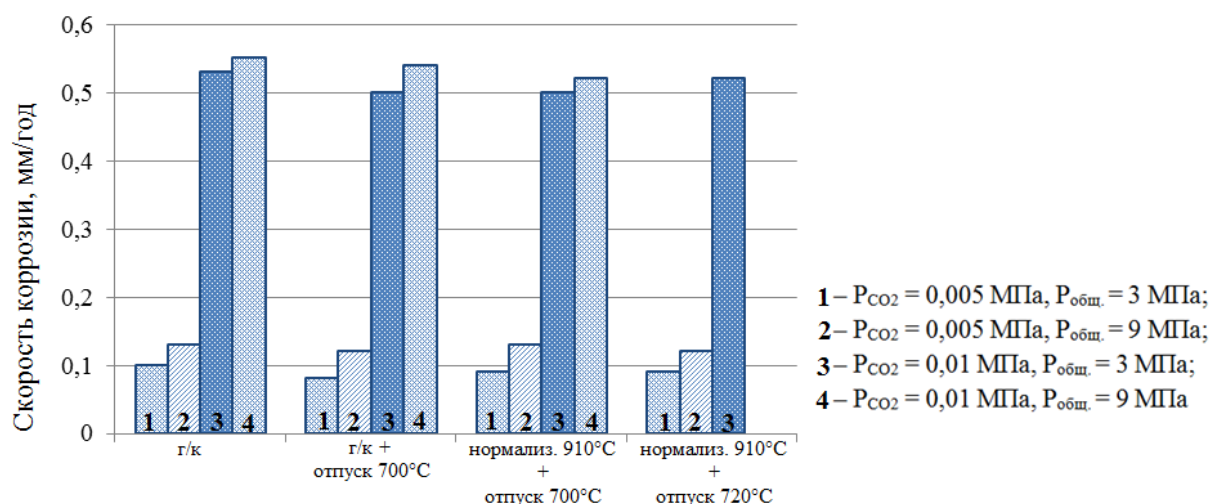


Рис. 2. Результаты коррозионных испытаний образцов из стали марки 35ХГФ после различных режимов термической обработки

При парциальном давлении P_{CO_2} , равном 0,005 МПа, образцы с феррито-перлитной структурой показали высокую коррозионную стойкость при общем давлении $P_{общ.}$ от 3 до 9 МПа. Скорость коррозии практически не зависит от режима их окончательной обработки.

С повышением парциального давления диоксида углерода до 0,01 МПа, скорость коррозии достигает гранично-допустимых значений (не более 0,50 мм/год) при общем давлении $P_{общ.}$ равном 3 и 9 МПа.

После лабораторной термической обработки удовлетворительные результаты на стойкость к СРН были получены только для закаленных и отпущенных образцов муфтовых заготовок, размером $88,9 \times 13,0$ мм.

Недостатком стали с феррито-перлитной структурой является то, что она является не стойкой к сульфидному растрескиванию под напряжением (далее СРН) в средах, содержащих сероводород. Стойкость к СРН обеспечивается за счет получения структуры сорбита отпуска после применения термической обработки по режиму закалка + высокий отпуск, как и предусмотрено стандартом ГОСТ Р 53366 [3].

ВЫВОДЫ

1. Применение стали марки 35ХГФ с феррито-перлитной структурой обеспечивает получение механических свойств, соответствующие группе прочности N80 тип 1 по ГОСТ Р 53366.

2. За счет термической обработки по режиму нормализация и высокий отпуск получено значительное повышение вязко-пластических свойств по сравнению с горячекатаным состоянием.

3. Установлена граница применения НКТ из стали 35ХГФ по коррозионной стойкости в средах содержащих диоксид углерода:

парциальное давление P_{CO_2} не более 0,005 МПа; общее давление $P_{\text{общ.}}$ не более 9 МПа; показатель pH 4,0–5,5; температура 90 °С.

ЛИТЕРАТУРА

1. Афанасьев А. В. Сравнительный анализ использования различных НКТ / А. В. Афанасьев // Инженерная практика. 2012. № 4. С. 6–16.
2. Ueda M. Effect of Environmental Factor and Microstructure on Morphology of Corrosion Products in CO₂ Environments / M. Ueda, H. Takabe // CORROSION'99. 1999, № 13. P. 15.
3. ГОСТ Р 53366–2009 Трубы стальные, применяемые в качестве обсадных или насосно-компрессорных труб для скважин в нефтяной и газовой промышленности. Общие технические условия. 195 с.
4. ГОСТ Р 9.905–2007 Методы коррозионных испытаний. Общие требования. 20 с.
5. ТУ 14–161–173–97 Трубы насосно-компрессорные и муфты к ним повышенной хладостойкости и коррозионной стойкости для меторождений ОАО «Сургутнефтегаз». 7 с.